

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-259505

(43)Date of publication of application : 16.09.1994

(51)Int.CI. G06F 15/60

(21)Application number : 05-043801 (71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

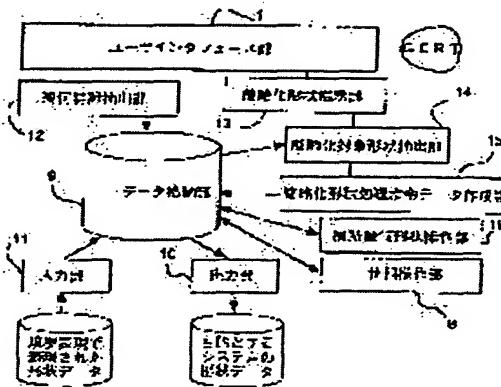
(22)Date of filing : 04.03.1993 (72)Inventor : BO SATORU
YOSHIKAWA TSUTOMU

(54) METHOD FOR SIMPLIFYING SHAPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a shape simplifying method capable of simplifying a shape by easy operation even in the case of shape data expressed by boundary expression having no shape feature.

CONSTITUTION: An input part 11 converts a shape model expressed by boundary expression into internal data structure, a geometric feature extracting part 12 extracts a geometric feature in a parallel and connected state from shape data and a simplified shape indicating part 13 inputs a partial shape element in a simplified shape part and the sort of simplification. Then a simplifying target shape extracting part 14 extracts a shape to be simplified from the geometric feature and a simplified shape processing command data preparing part 15 prepares information indicating shape processing matched with deletion necessary for simplification. A local geometric shape operating part 16 changes the geometric shapes of the target shape element and a shape element to be connected to the target one and a phase operating part 8 deletes a phase element having no meaning on geometric shapes.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-259505

(43) 公開日 平成6年(1994)9月16日

(51) Int.Cl.⁵
G 0 6 F 15/60

識別記号 庁内整理番号
4 0 0 A 7623-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-43801

(22) 出願日 平成5年(1993)3月4日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 坊 覚

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社産業システム研究所内

(72) 発明者 吉川 勉

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社産業システム研究所内

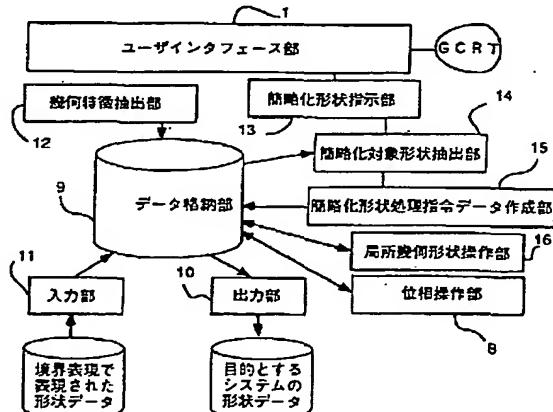
(74) 代理人 弁理士 高田 守

(54) 【発明の名称】 形状簡略化方法

(57) 【要約】

【目的】 形状特徴を持たない境界表現で表現された形状データでも、容易な操作で形状を簡略化できる形状簡略化方法を得る。

【構成】 境界表現で表現された形状モデルを入力部1により内部データ構造に変換し、幾何学的特徴抽出部12により形状データから平行、接続状態の幾何学的特徴を抽出し、簡略化形状指示部13により簡略化形状部分の一部の形状要素と簡略化の種類を入力する。次に、簡略対象形状抽出部14により幾何学的特徴から簡略化対象形状を抽出し、簡略化形状処理指令データ作成部15により簡略化するのに必要な削除と合わせる形状処理を指示する情報を作成する。この後、局所幾何形状操作部16で、対象の形状要素とそれに接続する形状要素の幾何形状を変更し、幾何形状上意味の無い位相要素を位相操作部8で削除する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 計算機を用いて既存の3次元の形状モデルを簡略化して異なるモデルを作成する際、上記形状モデルを構成する2つの形状要素が平行であること、及び凹・凸・滑らかのいずれかの接続状態であることを意味する幾何学的特徴を形状データから抽出する幾何学的特徴抽出部、簡略化の種類と簡略化する形状部分に属する1つの形状要素とを指示させる簡略化形状指示部、及び上記指示された1つの形状要素を出発点とし、上記簡略化の種類ごとに定められた手順に従い、上記幾何学的特徴を手がかりにして上記形状データを辿り、上記簡略化対象とする形状部分を抽出する簡略化対象形状抽出部を備えたことを特徴とする形状簡略化方法。

【請求項2】 簡略化対象形状に対して簡略化の種類ごとに定められた手順に従い、形状要素を削除する意味を持つ情報を合わせる処理をする意味を持つ情報を形状データに付加する簡略化形状処理指令データ作成部、隣接する形状の幾何情報を変化させず、対象の形状要素とそれに接続する形状要素の幾何情報を変更することにより、上記合わせる処理を意味する情報をもつた2つの形状要素を幾何学的に合わせる局所的幾何形状操作部、並びに上記削除する情報をもつた形状要素及び形状データのなかで距離0の稜線と面積0の面分とを位相的に削除する位相操作部を備えたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の形状簡略化方法。

【請求項3】 簡略化形状指示部よりフィレット部を削除するコマンドと削除する対象の連続したフィレット部の1つの形状要素を指示した時、簡略化対象形状抽出部は、上記入力された1つの形状要素が面分であればこの面分をフィレット面分とし、上記入力された1つの形状要素が面分以外であればフィレット面分を探索する処理A、上記フィレット面分に接続する稜線のうち幾何学的特徴が滑らかである稜線を抽出し、その稜線に接続する面分でフィレット作成時に丸み付けの対象となった2つの面分を特定する処理Bを行うと共に、上記フィレット面分に隣接するフィレット面分が存在する場合、順次その隣接するフィレット面分について上記処理Bを行うことにより、一連のフィレット部分を抽出する処理を行い、簡略化形状処理指令データ作成部は、上記処理Aで抽出されたフィレット面分には削除する意味を持つ情報を付加し、上記処理Bで特定されたフィレット作成時に丸み付けの対象になった2つの面分に接続する稜線には合わせる処理を意味する情報を付加する処理を行うことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の形状簡略化方法。

【請求項4】 簡略化形状指示部より突起部または穴部を削除するコマンドと削除する対象の突起部または穴部に属する1つの形状要素を指示した時、簡略化対象形状抽出部は、上記入力された1つの形状要素から接続する面分を探索し、その面分に接続する稜線について上記幾

何学的特徴の凹凸により簡略化対象とする形状部分の境界稜線または同形状部分内の稜線かを判定する処理Cを行い、境界稜線以外の稜線についてはその稜線を介して隣接する面分について処理Cを行うことにより、対象形状部分に属する形状要素を特定する処理を行い、簡略化形状処理指令データ作成部は、上記簡略化対象形状部分に属する形状要素に対して削除する意味を持つ情報を付加し、上記境界と判定された稜線が閉じていない場合にその端点について合わせる処理を意味する情報を付加する処理を行うことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の形状簡略化方法。

【請求項5】 簡略化形状指示部より板状の形状部分を厚さ0の薄肉とするコマンドと対象の板状の形状部分を厚さ0の薄肉とする形状部分の1つの形状要素または全体形状を指示した時、簡略化対象形状抽出部は、上記入力された1つの形状要素に接続する面分の中で平行な幾何学的特徴を持つ面分を抽出し、この面分に平行でかつ距離が最も短い面分を板状部分の面分のペアとして特定する処理Dを行い、特定された面分に隣接する面分について処理Dを繰り返して、一連の板状部分の形状要素を特定する処理を行い、簡略化形状処理指令データ作成部は、上記抽出された板状部分の面分のペアに対して合わせる処理を意味する情報を付加する処理を行うことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の形状簡略化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、計算機上の形状モデルを作成する方法に係わり、特に詳細形状まで作成した形状モデルを局所的または全体的に簡略化する形状簡略化方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 設計過程においては、設計アプリケーションによりモデル形状が変化する。例えば解析モデル形状は、解析種類・目的、荷重条件、境界条件等によって変わり、これが解析を行うまでのノウハウになっている。このため、CADデータから解析モデルを作成するモジュールはユーザが容易に形状簡略化する機能を持つ必要があった。即ち、この発明は、計算機を用いて既存の3次元の形状モデルを簡略化して異なるモデルを作成する際の形状簡略化方法に関するものである。詳細形状まで作成した形状モデルを局所的または全体的に簡略化する形状簡略化には、フィレット部分の削除、突起部分や穴部分の削除、板状部分の厚さ0の薄肉形状化などの機能が必要である。従来、3次元CADデータのデータ構造として、境界表現データ構造が採用されることが多い。ところが境界表現データ構造は、形状簡略化の際、突起やフィレットを抽出するのが困難であった。

【0003】 また、従来の形状簡略化方法を持った形状モデルについて説明する。図12は、例えば雑誌(Parametric Technology Corp

ration, Pro/ENGINEER, Modeling Users Guide, リリース9.0, 日本語版, U04-0392-01J) に示された従来の形状簡略化方法を持った形状モデルを示すブロック図である。図において、1は画面表示、ユーザ入力を行うユーザインタフェース部、2はユーザインタフェース部1から呼ばれる形状特徴作成部、3はかかる形状特徴の寸法パラメータ及びどの形状に付けられているかの情報を保持する形状特徴作成履歴管理部、4は形状特徴作成履歴管理部3に格納されている特徴形状のパラメータを変更したり削除する形状特徴修正部、5は形状特徴が修正された時に起動される形状再構築部、6は形状特徴作成時及び形状再構築時に起動される形状処理部、7は形状処理部6により起動される幾何操作部、8は同じく形状処理部6により起動される位相操作部、9は形状データを格納する形状データ格納部、10は目的とするシステムに合わせて形状データを出力する出力部である。

【0004】次に動作について説明する。今、例えば形状モデルの形状特徴を削除する動作を説明する。ユーザは形状特徴修正部4により形状特徴を形状特徴形成履歴管理部3から削除する。ついで形状特徴の操作履歴が修正されると形状再構築部5が形状特徴形成履歴管理部3の情報に従い、形状処理部6を用いてモデル形状を最初から作成する。この時、形状処理部6は幾何操作部7と位相操作部8を用いて形状データ格納部9のデータを変更、修正する。以上の処理により目的の形状特徴が削除される。

【0005】この形状モデルでは、形状特徴作成時に、形状特徴作成部2において、図13に示すように3次元の四角い立体をまず仮定する。次にユーザインタフェース部1から穴形状特徴を入力して形状モデルを形成している。そして、形状簡略化において、ユーザインタフェース部1を介して形状特徴修正部4に簡略化する部分の形状特徴を指示する。従って、簡略化する部分は形状特徴を持った形状モデルで形状を作成していなければならず、形状特徴を持たないモデルを外部から入力した場合、形状簡略化が困難となる。図13の斜線部のように、複数の形状特徴を付けた結果作成される部分形状については形状特徴として認識できないので、かかる部分の形状簡略化は複雑な操作が必要であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の形状簡略化方法は以上のように構成されているので、形状特徴を持たないモデルの場合には形状簡略化が困難となるという問題点があった。また、複数の形状特徴を付けた結果作成される部分形状については複雑な操作が必要であった。また、板状部分の厚さ0の薄肉化では、隣接する形状と独立に形状処理を行うため、形状が離れるなどの問題点があった。

【0007】この発明は、上記のような問題点を解消す

るためになされたもので、形状特徴を持たない境界表現で表現された形状データを対象とし、容易な操作でフィレット部の削除、突起部や穴部の削除、板状部分の厚さ0の薄肉化ができる、形状処理後も形状の接続関係を維持できる形状簡略化方法を得ることを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】この請求項第1項の発明に係わる形状簡略化方法は、計算機を用いて既存の3次元の形状モデルを簡略化して異なるモデルを作成する際、形状モデルを構成する2つの形状要素が平行であること、及び凹・凸・滑らかのいずれかの接続状態であることを意味する幾何学的特徴を形状データから抽出する幾何学的特徴抽出部、簡略化の種類と簡略化する形状部分に属する1つの形状要素とを指示させる簡略化形状指示部、及び指示された1つの形状要素を出発点とし、簡略化の種類ごとに定められた手順に従い、幾何学的特徴を手がかりにして形状データを辿り、簡略化対象とする形状部分を抽出する簡略化対象形状抽出部を備えたものである。

【0009】また、請求項第2項の発明に係わる形状簡略化方法は、請求項第1項の発明において、簡略化対象形状に対して簡略化の種類ごとに定められた手順に従い、形状要素を削除する意味を持つ情報及び合わせる処理をする意味を持つ情報を形状データに付加する簡略化形状処理指令データ作成部、隣接する形状の幾何情報を変化させず、対象の形状要素とそれに接続する形状要素の幾何情報を変更することにより、合わせる処理を意味する情報を持つ2つの形状要素を幾何学的に合わせる局所的幾何形状操作部、並びに削除する情報を持った形状要素及び形状データのなかで距離0の稜線と面積0の面分とを位相的に削除する位相操作部を備えたものである。

【0010】また、請求項第3項の発明に係わる形状簡略化方法は、請求項第2項の発明において、簡略化形状指示部よりフィレット部を削除するコマンドと削除する対象の連続したフィレット部の1つの形状要素を指示した時、簡略化対象形状抽出部は、入力された1つの形状要素が面分であればこの面分をフィレット面分とし、入力された1つの形状要素が面分以外であればフィレット面分を探索する処理A、フィレット面分に接続する稜線のうち幾何学的特徴が滑らかである稜線を抽出し、その稜線に接続する面分でフィレット作成時に丸み付けの対象となった2つの面分を特定する処理Bを行うと共に、フィレット面分に隣接するフィレット面分が存在する場合、順次その隣接するフィレット面分について処理Bを行うことにより、一連のフィレット部分を抽出する処理を行い、簡略化形状処理指令データ作成部は、処理Aで抽出されたフィレット面分には削除する意味を持つ情報を付加し、処理Bで特定されたフィレット作成時に丸み付けの対象になった2つの面分に接続する稜線には合わ

せる処理を意味する情報を付加する処理を行うことを特徴とするものである。

【0011】また、請求項第4項の発明に係わる形状簡略化方法は、請求項第2項の発明において、簡略化形状指示部より突起部または穴部を削除するコマンドと削除する対象の突起部または穴部に属する1つの形状要素を指示した時、簡略化対象形状抽出部は、入力された1つの形状要素から接続する面分を探索し、その面分に接続する稜線について幾何学的特徴の凹凸により簡略化対象とする形状部分の境界稜線または同形状部分内の稜線かを判定する処理Cを行い、境界稜線以外の稜線についてはその稜線を介して隣接する面分について処理Cを行うことにより、対象形状部分に属する形状要素を特定する処理を行い、簡略化形状処理指令データ作成部は、簡略化対象形状部分に属する形状要素に対して削除する意味を持つ情報を付加し、境界と判定された稜線が閉じていない場合にその端点について合わせる処理を意味する情報を付加する処理を行うことを特徴とするものである。

【0012】また、請求項第5項の発明に係わる形状簡略化方法は、請求項第2項の発明において、簡略化形状指示部より板状の形状部分を厚さ0の薄肉とするコマンドと対象の板状の形状部分を厚さ0の薄肉とする形状部分の1つの形状要素または全体形状を指示した時、簡略化対象形状抽出部は、入力された1つの形状要素に接続する面分の中で平行な幾何学的特徴を持つ面分を抽出し、この面分に平行かつ距離が最も短い面分を板状部分の面分のペアとして特定する処理Dを行い、特定された面分に隣接する面分について処理Dを繰り返して、一連の板状部分の形状要素を特定する処理を行い、簡略化形状処理指令データ作成部は、抽出された板状部分の面分のペアに対して合わせる処理を意味する情報を付加する処理を行うことを特徴とするものである。

【0013】

【作用】請求項第1項の発明における幾何学的特徴抽出部は、内部形状データから2つの形状要素が平行であるとか、2つの形状要素の接続部の状況(凹、凸、滑らか)を示す幾何学的特徴を抽出する。そして、簡略化対象形状抽出部は、幾何学的特徴とユーザが指示した形状簡略化部分と形状簡略化の種類(フィレット削除、突起、穴部削除、板状部分の厚さ0の薄肉化)から対象形状部分を抽出することで、容易なユーザ操作により簡略化部分を特定できる。

【0014】さらに、請求項第2項～第5項記載の発明における簡略化形状処理指令データ作成部は、簡略化の形状処理のための削除及び合わせる処理の指示データを作成する。また、局所的幾何形状操作部は、合わせる指示のある2つの形状要素に対して、隣接する形状要素の幾何形状を変更すること無く対象とする形状要素とこれに接続する形状要素の幾何形状を変更する。この後、位相処理部により削除すべき不要な形状要素の位相を削除

することで、形状の位相構造の一貫性を保ちながら目的とする形状を容易に簡略化できる。

【0015】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の一実施例を図1について説明する。図1はこの発明の一実施例による形状簡略化方法に係る形状簡略化装置を示すブロック図である。図において、11は境界表現で表現された形状データを内部データ構造に変換する入力部、12は入力された形状データから平行、接続状態の幾何学的特徴を抽出し、データ構造の位相データに付加する幾何学的特徴抽出部、13はユーザの意図した簡略化形状部分の一部の形状要素と形状簡略化する種類を入力する簡略化形状指示部、14は簡略化対象形状抽出部で、簡略化形状指示部13のユーザの指示と幾何学的特徴抽出部12で抽出された幾何学的特徴から簡略化の対象形状を特定する。15は簡略化形状処理指令データ作成部で、簡略化対象形状抽出部14で得られた簡略化対象形状について幾何学的特徴抽出部12で得られた幾何学的特徴に基づき簡略化するのに必要な削除または合わせる処理の形状処理を指定する情報を形状データに付ける。これは、簡略化の種類ごとに手順が定められている。また、16は局所的幾何形状操作部で、合わせる処理を指定された形状要素について、隣接する形状の幾何形状を変更せず、対象の形状要素とそれに接続する形状要素の幾何形状を変更する。さらに、8は簡略化形状処理指令データ作成部15で削除する指定を受けた形状要素の位相を削除する位相操作部、9はデータを格納するデータ格納部である。

【0016】以下、この発明に係わる形状簡略化方法の処理について説明する。この発明では、形状簡略化の処理が形状要素の削除、及び2つの形状要素を合わせる処理で行えることに着目している。図2は形状簡略化の工程を示す説明図であり、図2(a)は従来例と同様の穴形状特徴を指示して作成した図形を示し、図2(b)は突起を指示して削除を行った時の図形の変化を示す。図3はこの実施例の処理の流れを示すフローチャート、図4は内部データ構造を示す説明図である。

【0017】まず、ST1では、図2(a)に示すように、境界表現で表現された形状モデルを入力部11から入力し、図4に示す内部データ構造の位相データ及び幾何データに変換してデータ格納部9に格納する。このデータ構造は位相データ(topology)と幾何データ(geometry)に分けられ、位相データはモデル全体を意味するModel、空間領域、面分、稜線、点を意味するVolume, Face, Edge, Vertexの基本位相要素と、境界位相要素Shell, LoopとLoopまわりの隣接関係を表現するEdge, Vertexである。また、幾何データはFace, Edge, Vertexに対応するSurface, Curve, Pointである。幾何データ

タはそれぞれ無限面、無限曲線を表わす幾何情報だけを持ち、境界に関する幾何情報を持たない。この内部データ構造は孤立稜線、孤立面の表現を行えるデータ構造であり、このデータ構造で孤立面(F3)を表現した場合、図5のようになる。

【0018】孤立面が接続するEdgeには3つの面(Loop)が接続し、孤立面はF1, F2のようにShellの構成要素になっているか、F3のようにModelが親ボイントになっているかで認識する。また、図4の関係要素は基本位相要素間に付けられるデータノードであり、種類として平行、接続状態(凹、凸、滑らか)及び合わせる2つの形状要素を示すものがある。また、基本位相要素に付けられるFlagとしてnull_flagがある。

これはこの位相要素が削除されることを示し、幾何処理が終了するまで位相構造を保つために用いられる。このnull_flagが付けられた基本位相要素は隣接関係を辿るために用いられ、その幾何情報は意味を持たない。

【0019】次に、ST2では幾何学的特徴抽出部12において、内部形状データから基本位相要素間の幾何学的特徴を抽出する。この処理は、すべての同じ種類の基本位相要素間の組み合わせについて、隣接する基本位相要素の組み合わせについては接続状態を調べ、それ以外の組み合わせについては平行か否かを調べる。接続状態はまず滑らかに接続しているかを調べ、滑らかでない場合は、凹、凸の判定を行う。図6は平行の幾何学的特徴の条件を示す説明図であり、幾何形状の種類とそれに対する条件を示している。平行となる場合は、同じ種類の幾何形状で、図6に示す条件を満たすと同時に、基本位相要素の境界上の点について、面の法線ベクトル方向に立てた直線が他方の面分の領域内で交差するものを平行とする。

【0020】次に、ST3では簡略化形状指示部13において、対象とする簡略化の種類と簡略化する部分形状の一つの形状要素または全体形状を、入力部11からユーザに指示させる。簡略化の種類はユーザの選択したコマンドで決まり、コマンド入力はキーボードからの記号による入力と、ポインティングデバイスによるメニューのピックで行われる。また、1つの形状要素の入力は次の2つの方法から選択できる。

- 1) 表示画面の各形状要素上に識別記号を表示し、その記号をキーボードからキーインする。
- 2) 図2(b)に示すように形状表示した画面上の1点をポインティングデバイスでピックし、画面座標系においてその入力点に最も近い形状要素(面、線、点)を入力とする。
- 2) の場合は確認のため強調表示し、ユーザの意図異なる場合は次に近い形状要素を強調表示して確認することを繰り返す。

【0021】次に、ST4では簡略化対象形状抽出部15

において、入力された簡略化の種類、簡略化形状部分の一つの形状要素または全体形状の情報に基づき、幾何学的特徴から簡略化形状部分を抽出する。指示された1つの形状要素を出発点とし、簡略化の種類ごとに定められた手順に従い、幾何学的特徴を手がかりにして形状データを辿り、簡略化対象とする形状部分を抽出するのである。この処理は簡略化の種類ごとに異なり、以下、例えばフィレット部を削除する場合について説明をする。なお、通常フィレット作成時には、ある稜線に接続する

2つの面分をユーザに指示させて、システムはその2つの面分を滑らかに接続するフィレット面を生成している。

【0022】簡略化形状指示部13よりフィレット部を削除するコマンドと削除する対象の連続したフィレット部の1つの形状要素を指示されたとする。この指示された形状が面分であれば、この面分をフィレット面分とする。また、指示された形状要素が面分以外の場合は、その形状要素に接続する面分を抽出し、フィレット面分候補とする。

1) フィレット部は円筒面、円錐面、トーラス面、球である。

2) 面分に接続する稜線のうち滑らかであることを示す幾何学的特徴を2つ以上持たないものはフィレットではない。

フィレット面分候補のうち、上記の2つの条件を満たす面分を探索し、フィレットの面分を特定する。これを例えば処理Aと記す。

【0023】このフィレット面分に接続する稜線のうち、幾何学的特徴が滑らかでないものはフィレット部の端面とする。対応する稜線を特定するため、端面に他の稜線についてフィレットの幾何面の中心線に垂線を下ろし、対応する中心線の領域を求め、この中心線の領域が重なる稜線のペアを対応する稜線とする。対応する稜線が無いものは端面とする。上記稜線のペアが接続する面分で、フィレット作成時に丸み付けの対象となった2つの面分を特定する。これを例えば処理Bと記す。

【0024】さらに処理Bで端面と判定された稜線の中で、円筒とトーラスが滑らかに接続している稜線は、そこでフィレットが接続している可能性がある。このため、その稜線に接続する面分がフィレットか否かを調べ、フィレット面分が存在する場合は、順次、処理Bを行う。以上の処理により、接続する一連のフィレット部分を特定する。

【0025】次に、ST5では簡略化形状処理指令データ作成部15において、特定された部分形状について形状処理を指示するため削除を示すnull_flagと合わせる処理を示すtogether関係要素を基本位相要素に付加する。フィレット削除の場合は、フィレット部の面分及び接続する稜線のうち、端面と判定された稜線には削除する指令を付ける。この指令として、図

7の中央に示すようなフィレット部（斜線部）を削除する場合、`null_flag`を基本位相要素に付加する。さらに処理Bで対応する稜線と特定され、フィレット作成時に丸み付けの対象となった2つの面分に接続する2本の稜線について、図7に示す合わせる形状処理を指示する`together`の関係要素を設定する。

【0026】次に、ST6では局所幾何形状操作部16において、ST5の形状処理決定方法で2つの基本位相要素を合わせる処理を行う指令が付けられた形状要素に対して、合わせる処理を行う。この時、隣接する幾何形状を変化させずに、対象とする形状要素とそれに接続する形状要素の幾何情報を変更する。この局所幾何形状操作処理の間、`null_flag`が付けられた位相要素は削除せず、位相間のリンクを辿るのに用いられる。この局所幾何形状操作を実現する操作関数（`drF`, `drE`, `drV`）は、操作する対象の基本位相要素と幾何要素及び変更後の幾何要素を入力して、正常終了したか否かを返す。

【0027】即ち、面分に対する操作関数`drF`は、図8（a）に示すように面分に接続する稜線の操作関数`drE`、その稜線に接続する頂点の操作関数`drV`の順で起動される。各操作関数は対象位相要素が接続する`null_flag`を持たない基本位相要素により幾何学的な制限を受ける。`drE`は対象稜線に接続する面のうち`null_flag`を持たず変更されない面上を移動し、同様に`drV`は接続する稜線のうち`null_flag`を持たず変更されない稜線上、または頂点の乗っている面のうち変更されない面上を移動する（図8（b）参照）。なお1つの操作中に、同じ基本位相要素が重複して操作されることを防ぐため、変更が完了したか否かを示す`flag`を基本位相要素に付ける。

【0028】合わせる処理が完了すると、次にST7で位相操作を行う。これは位相操作部8において行う処理であり、削除を指定された基本位相要素を削除し、距離0の稜線、面積0の面分、面分上の領域を削除する。この位相操作は`euler`操作と呼ばれる`euler`の式を満たす操作により行う。以上の処理によりユーザが指定した形状簡略化を完了し、ST3に戻って次の形状簡略化の入力待ちとなる。

【0029】以上のように実施例1では、幾何学的特徴を手がかりにし、ユーザの簡単な指示により、自動的に簡略化部分を特定できるので、容易な操作でフィレット部の削除ができる。さらに、対象とする形状要素とこれに接続する形状要素の幾何形状のみを変更する局所的幾何形状操作により、形状処理後も形状の接続関係を維持できる形状簡略化方法が得られる。また、1つの形状モデルを基本としているため、簡略化した形状モデル間の主要寸法の不整合を防ぐことができる。

【0030】実施例2、この発明の実施例2における形状簡略化方法として、図2（b）に示すような突起部及

び穴部を削除する場合について、処理の説明をする。ST1～ST3に処理は実施例1と同様である。ST4で入力された簡略化の種類、簡略化形状部分の一つの形状要素または全体形状の情報に基づき、幾何学的特徴から簡略化形状部分を特定する。突起部の一つの基本位相要素から突起部分を特定するには、まずこの基本位相要素が属する面分（`Face`）を探索する。この面分に接続する稜線について接続状態を調べ、凹であるものについてはそこが突起部の境界であるとし、凸であるものについては接続する突起部の面分があるものとする。これを見れば処理Cとする。かかる稜線に接続する面分について、順次、処理Cと同様の処理を行っていくことで突起部を特定する。穴部の一つの基本位相要素から穴部分を特定するには、上記と同じ処理を上記接続状態の凹、凸を反対にして行う。

【0031】次に、ST5では簡略化形状処理指令データ作成部15において、特定された部分形状について形状処理を指示するため削除を示す`null_flag`と合わせる処理を示す`together`関係要素を基本位相要素に付加する。突起部及び穴部削除の場合は、突起部及び穴部と特定された基本形状要素に、図7の右端に示すように`null_flag`を付加する。さらに突起部及び穴部の境界の稜線について接続を調べ、閉ループにならない場合、その途切れた2点間に合わせる形状処理を指示する`together`の関係要素を設定する。

【0032】次に、ST6では所幾何形状操作部16において合わせる処理を行う指令が付けられた形状要素に対して、合わせる処理を行い、ST7で位相操作を行う。この処理は実施例1と同様である。以上の処理によりユーザが指定した形状簡略化を完了し、ST3に戻って次の形状簡略化の入力待ちとなる。

【0033】以上のように実施例2でも、実施例1と同様、幾何学的特徴を手がかりにし、ユーザの簡単な指示により、自動的に簡略化部分を特定できるので、容易な操作で突起部及び穴部の削除ができる。さらに、対象とする形状要素とこれに接続する形状要素の幾何形状のみを変更する局所的幾何形状操作により、形状処理後も形状の接続関係を維持できる形状簡略化方法が得られる。

【0034】実施例3、この発明の実施例3における形状簡略化方法として、板状部分の厚さ0の薄肉化の場合について、処理の説明をする。ST1～ST3に処理は実施例1と同様である。ST4で入力された簡略化の種類、簡略化形状部分の一つの形状要素または全体形状の情報に基づき、幾何学的特徴から簡略化形状部分を特定する。板状部の一部の基本位相要素から板状部分を特定するには、まずこの基本位相要素が属する面分（`Face`）を探索する。この面分が複数ある場合、板状部分の面分を選択するため、各面分が平行の幾何学的特徴を持つか否かを調べ、持つ場合、平行な面分間の距離を求

め、その距離が一番短いものを探る。この最初に得られた一番短い平行な面分間の間隔を基準板厚とし、以後この基準板厚より短い板厚を持つものを板状部分とする。これを例えば処理Dとする。最初の板状部分が得られると隣接する板状の面分のペアを探索していく。得られた平行な面分のペアのそれぞの面分について、順次、処理Dを行う。即ち、その面分に隣接する面分が平行な幾何学的特徴を持つか否かを調べ、その平行な面分間の間隔が基準板厚より短いものだけを板状部分とする。この操作を繰り返して、一連の板状部分を特定する。

【0035】次に、ST5では簡略化形状処理指令データ作成部15において、特定された部分形状について合わせる処理を示すtogether関係要素を基本位相要素に付加する。板状部分の厚さ0の薄肉化の場合は、図7の左端に示すように、板状部分の特定時に求めた面分のペアについてtogetherの関係要素を設定する。この時、ペアになっている2つの面分の中立面を求めて、この幾何情報(Surface)を作成しtogether関係要素にこのSurfaceへのポイントを持たせる。

【0036】次に、ST6では所幾何形状操作部16において合わせる処理を行う指令が付けられた形状要素に対して、合わせる処理を行い、ST7で位相操作を行う。この処理は実施例1と同様である。以上の処理によりユーザが指定した形状簡略化を完了し、ST3に戻って次の形状簡略化の入力待ちとなる。

【0037】以上のように実施例3でも、実施例1と同様、幾何学的特徴を手がかりにし、ユーザの簡単な指示により、自動的に簡略化部分を特定できるので、容易な操作で板状部分の厚さ0の薄肉化ができる。さらに、対象とする形状要素とこれに接続する形状要素の幾何形状のみを変更する局所的幾何形状操作により、形状処理後も形状の接続関係を維持できる形状簡略化方法が得られる。

【0038】実施例4、図9は、この発明の実施例4による形状簡略化方法に係る形状簡略化装置を示すブロック図である。また、図10は実施例4に係る処理の流れを示すフローチャートである。以下、この図に基づき説明する。この実施例は実施例1において幾何学的特徴抽出を行うのを形状データ入力直後としていたのを簡略化する形状部分の特定時に同時にを行うこととしたものである。図9において、入力部11により境界表現で表現された形状モデルを内部データ構造に変換し、データ格納部9に格納する(ST1)。次に簡略化形状指示部13によりユーザの意図した簡略化形状部分の一部の形状要素と形状簡略化する種類を指示させる(ST3)。この後、簡略化対象形状抽出部14により簡略化形状指示部13におけるユーザの指示から、幾何学的特徴抽出部12により形状データの平行、接続状態の幾何学的特徴を抽出しながら簡略化の対象形状を特定する(ST8)。

次にST5で、簡略化形状処理指令データ作成部15により簡略化対象形状抽出部14で得られた対象形状について簡略化するのに必要な削除または合わせる処理の形状処理を指定する。さらにST6で、局所幾何形状操作部16により、合わせる処理を指定された形状要素について、対象の形状要素とそれに接続する形状要素の幾何形状を変更する。この時、隣接する形状の幾何形状は変更しない。次にST7で、位相操作部7により、簡略化形状処理指令データ作成部15で削除する指定を受けた形状要素の位相及び不必要的形状要素を削除する。以上の処理によりユーザが指定した形状簡略化を完了し、ST3に戻って次の形状簡略化の入力待ちとなる。

【0039】以上のように実施例4でも、実施例1と同様、幾何学的特徴を手がかりにし、ユーザの簡単な指示により、自動的に簡略化部分を特定できる。さらに、対象とする形状要素とこれに接続する形状要素の幾何形状のみを変更する局所的幾何形状操作により、形状処理後も形状の接続関係を維持できる形状簡略化方法が得られる。

【0040】さらに、この実施例では、形状の簡略化を指示された部分についてのみ、幾何特徴を抽出するので、実施例1と比べてデータ格納部9に格納するデータの量を少なくできる効果がある。

【0041】実施例5、図11は、この発明の実施例4による形状簡略化方法に係る形状簡略化装置を示すブロック図である。以下、この図に基づき説明する。この実施例は実施例4に通常の形状モデルが持つ形状定義部17及び形状修正部18を設けたものである。この構成では、上記実施例と同様の形状簡略化の他に、ユーザインタフェース部1から形状定義部17が呼ばれると、形状データを作成するか、既に存在する形状データに追加する。また、ユーザインタフェース部1から形状修正部18が呼ばれると、形状データに対して形状の修正を行う。

【0042】このような構成をとることで、実施例4と同様の効果に加えて、ユーザはこの形状の作成及び修正を行なながら形状簡略化を行うことができ、この発明の中の局所幾何形状操作に基づく形状の局所変形を行うことができる効果がある。

【0043】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、簡略化対象形状の特定を入力された形状データと簡略化する対象形状の一部をユーザに指示させ、幾何学的特徴を手がかりにして自動的に簡略化部分を特定するので、形状モデル作成方法によらず形状データから容易な操作でフィレット部の削除、突起部や穴部の削除、板状部分の厚さ0の薄肉化ができる形状簡略化方法を得ることができる効果がある。また、簡略化の形状処理を局所幾何形状操作とその後の位相操作に分ける構成としたので、形状処理後も形状の接続関係を維持できる形状簡略化方法を

13

得ることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1による形状簡略化方法に係る形状簡略化装置を示すブロック図である。

【図2】実施例1に係る形状簡略化の工程を示す説明図である。

【図3】実施例1に係る形状簡略化方法の処理を示すフローチャートである。

【図4】実施例1に係るデータ構造を示す説明図である。

【図5】実施例1に係る孤立面の表現を示す説明図である。

【図6】実施例1に係る平行な幾何学的特徴の条件を示す説明図である。

【図7】実施例1に係る形状処理指令データを示す説明図である。

【図8】実施例1に係る局所幾何形状操作関数を示す説明図である。

【図9】この発明の実施例4による形状簡略化方法に係る形状簡略化装置を示すブロック図である。

20

14

【図10】実施例4に係る処理の流れを示すフローチャートである。

【図11】この発明の実施例5による形状簡略化方法に係る形状簡略化装置を示すブロック図である。

【図12】従来の形状モデル作成方法を示すブロック図である。

【図13】従来の形状モデル作成方法で作成した図形を示す説明図である。

【符号の説明】

1 ユーザインタフェース部

8 位相操作部

9 データ格納部

10 出力部

11 入力部

12 幾何学的特徴抽出部

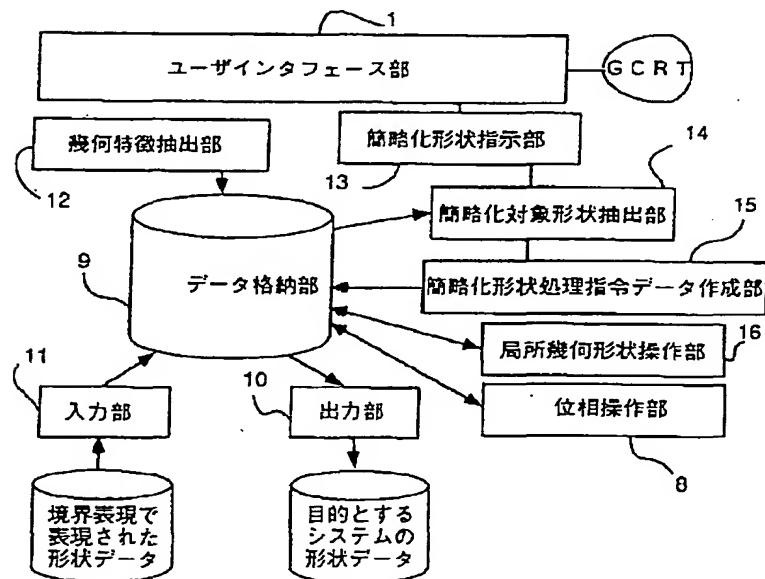
13 簡略化形状指示部

14 簡略化対象形状抽出部

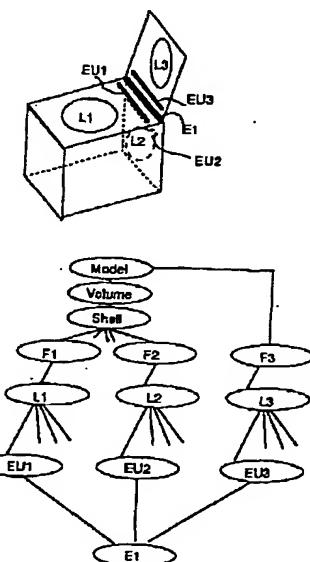
15 簡略化形状処理指令データ作成部

16 局所幾何形状操作部

【図1】



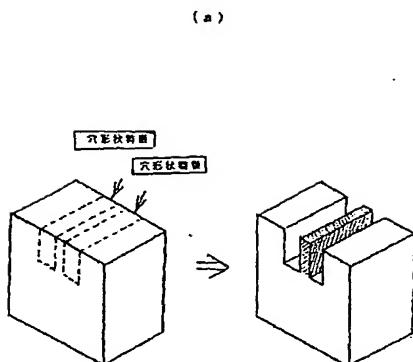
【図5】



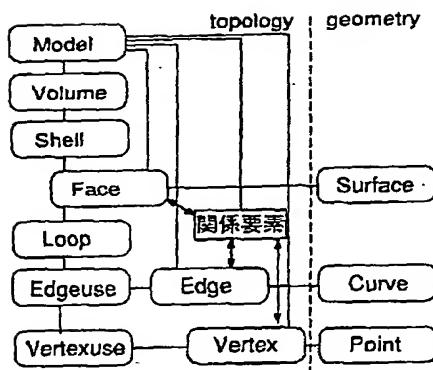
【図7】



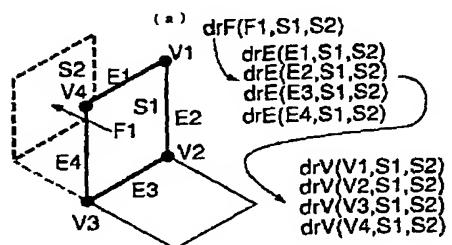
【図2】



【図4】



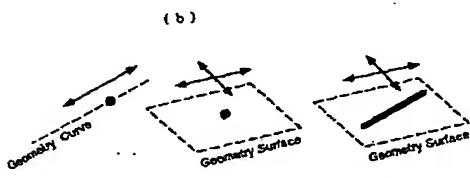
【図8】



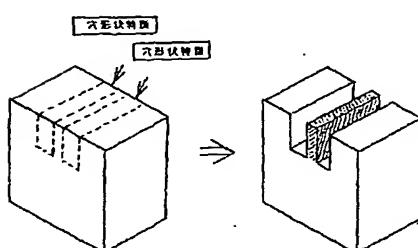
【図6】

平行の幾何学的特徴の条件

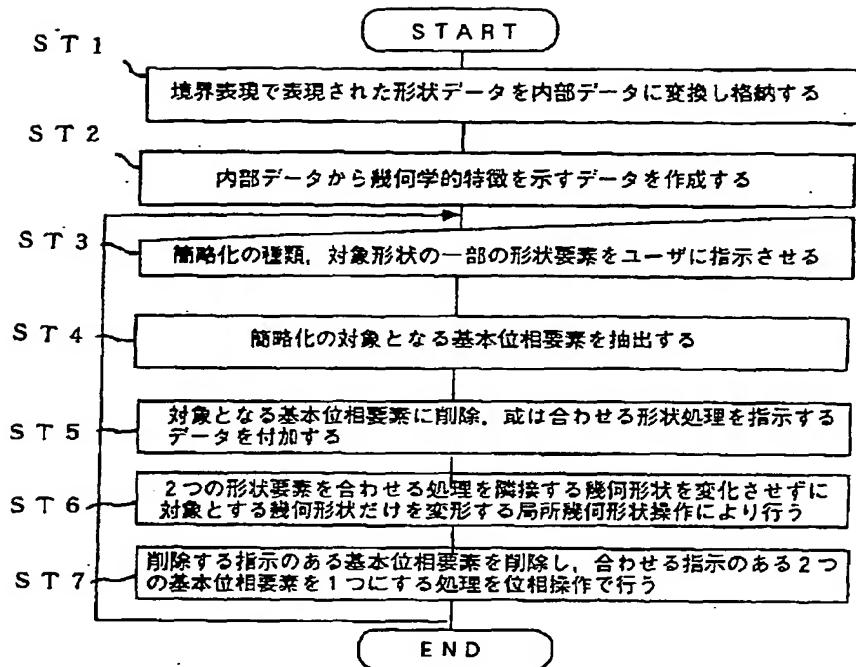
幾何形状の種類	条件
平面	面の法線ベクトルが平行
円筒面	中心軸が同一直線上
円錐面	中心軸が同一直線上
トーラス面	中心円が一致
球面	中心点が一致



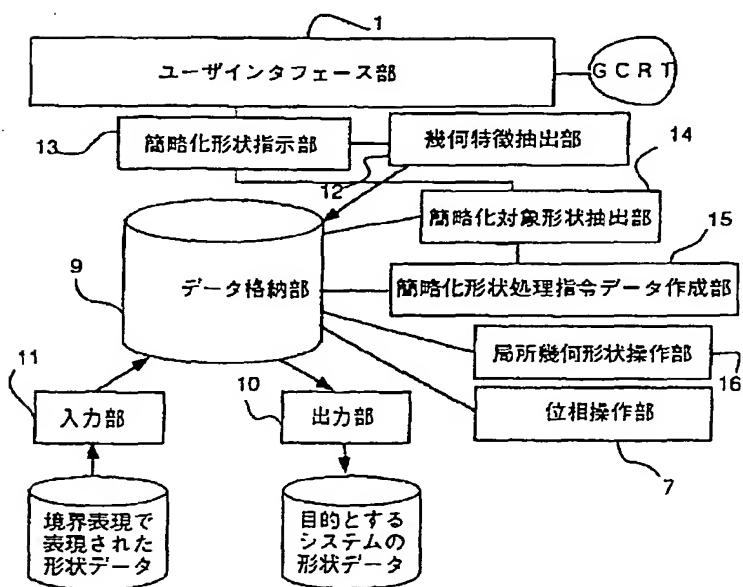
【図13】



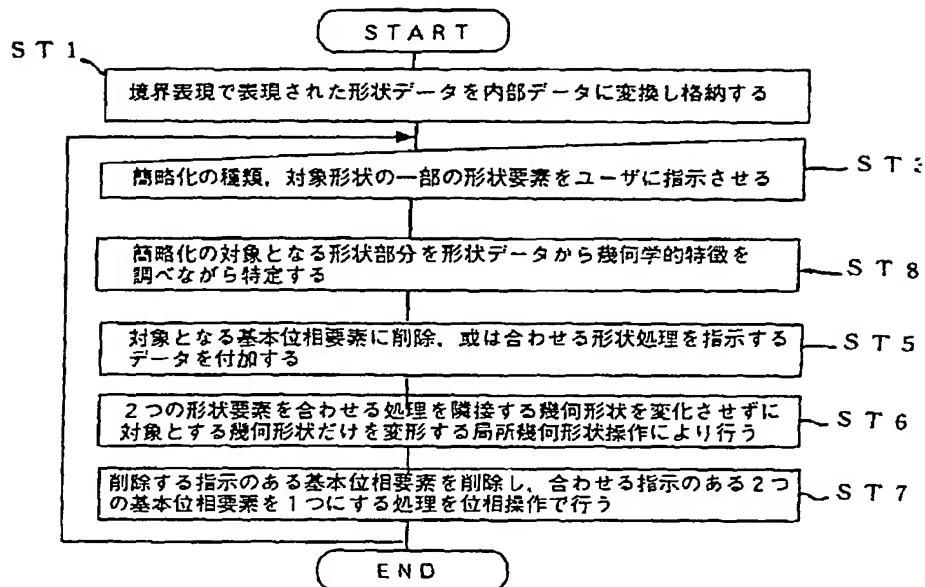
【図3】



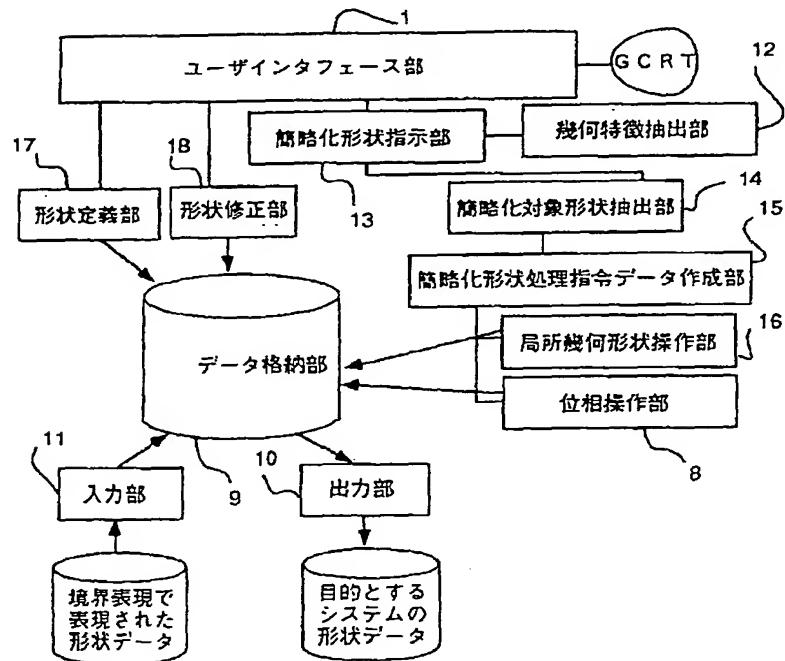
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

